

20/5/12  
DIALOG(R)File 347:JAPIO  
(c) 1999 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

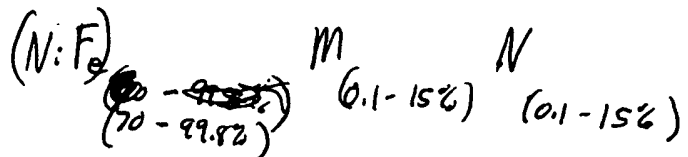
03875604    \*\*Image available\*\*  
SOFT MAGNETIC MULTILAYER FILM AND MAGNETIC HEAD

PUB. NO.:        04-240704 [JP 4240704 A]  
PUBLISHED:      August 28, 1992 (19920828)  
INVENTOR(s):    TERUNUMA KOICHI  
APPLICANT(s):   TDK CORP [000306] (A Japanese Company or Corporation), JP  
                  (Japan)  
APPL. NO.:      03-024136 [JP 9124136]  
FILED:          January 24, 1991 (19910124)  
INTL CLASS:     [5] H01F-010/14; C01G-049/00; C22C-038/00; G11B-005/31  
JAPIO CLASS:    41.4 (MATERIALS -- Magnetic Materials); 12.2 (METALS --  
                  Metallurgy & Heat Treating); 12.3 (METALS -- Alloys); 13.2  
                  (INORGANIC CHEMISTRY -- Inorganic Compounds); 42.5  
                  (ELECTRONICS -- Equipment)  
JOURNAL:        Section: E, Section No. 1303, Vol. 17, No. 9, Pg. 19, January  
                  08, 1993 (19930108)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain a film having a high thermal resistance and high corrosion resistance, a high saturation magnetic flux density, an excellent soft magnetic characteristic and a good frequency characteristic by laminating soft magnetic thin films which have an atomic ratio composition expressed by a specific formula that shows a specific orientation in X-ray diffraction, through non-magnetic thin films.

CONSTITUTION: Soft magnetic thin films 41 which have the atomic ratio composition expressed by the formula  $\text{Fe}(\text{sub } 100-x-y-z)\text{M}(\text{sub } x)\text{Ni}(\text{sub } y)\text{N}(\text{sub } z)$  (M is at least one kind of element selected among Mg, Ca, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn and B,  $0.1 \leq x \leq 15$ ,  $0 \leq y \leq 10$ ,  $0.1 \leq z \leq 15$ ) that have the relative intensity ratio 1/3 of Fe(200) peak to Fe(100) peak are laminated through non-magnetic thin films 43. For example, the soft magnetic thin films 41 which are made of  $\text{Fe}(\text{sub } 87)\text{Zr}(\text{sub } 10)\text{N}(\text{sub } 3)$  and the non-magnetic thin films 43 are laminated alternately by RF magnetron sputtering, each 10 layers, on a base material 45 which is made of Mn-Zn ferrite, to form a soft-magnetic multilayer film 4.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-240704

(43)公開日 平成4年(1992)8月28日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 10/14		9057-5E		
C 0 1 G 49/00		Z 9151-4G		
C 2 2 C 38/00	3 0 3	S 7325-4K		
G 1 1 B 5/31		C 7326-5D		

審査請求 未請求 請求項の数10(全 15 頁)

(21)出願番号 特願平3-24136

(22)出願日 平成3年(1991)1月24日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 照沼 幸一

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74)代理人 弁理士 石井 陽一 (外1名)

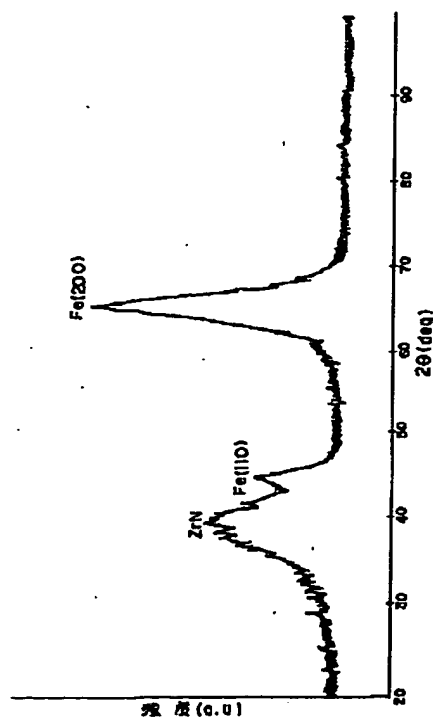
(54)【発明の名称】 軟磁性多層膜および磁気ヘッド

(57)【要約】

【構成】 本発明の軟磁性薄多層膜は、下記式で表わされる原子比組成を有し、特にX線回折にて、Fe(110)ピークに対するFe(200)ピークの相対強度比が1/3以上であり、Fe(100)配向性が高い軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層して構成される。

式  $Fe_{100-x-y-z}M_xN_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $0.1 \leq x \leq 15$ 、 $0 \leq y \leq 10$ 、 $0.1 \leq z \leq 15$ である。)

【効果】 飽和磁束密度Bsが高く、耐熱性が高く、特に、保磁力Hcが低く、透磁率μが高く、優れた軟磁気特性を有し、しかも単層膜に比べて周波数特性が良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記式で表わされる原子比組成を有し、X線回折にて、Fe (110) ピークに対するFe (200) ピークの相対強度比が1/3以上である軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層したことを特徴とする軟磁性多層膜。式  $Fe_{100-x-y-z}M_xNi_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $0.1 \leq x \leq 15$ 、 $0 \leq y \leq 10$ 、 $0.1 \leq z \leq 15$ である。)

【請求項2】 下記式で表わされる原子比組成を有し、電子線回折にてFe (200) 面配向を持つ軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層したことを特徴とする軟磁性多層膜。式  $Fe_{100-x-y-z}M_xNi_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $0.1 \leq x \leq 15$ 、 $0 \leq y \leq 10$ 、 $0.1 \leq z \leq 15$ である。)

【請求項3】 下記式で表わされる原子比組成を有する軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層したことを特徴とする軟磁性多層膜。式  $Fe_{100-x-y-z}M_xNi_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $8 \leq x \leq 14$ 、 $0 \leq y \leq 10$ 、 $2 \leq z \leq 4$ である。)

【請求項4】 前記非磁性薄膜は、C、NおよびOから選ばれる1種以上を含有する薄膜である請求項1ないし3のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【請求項5】 200~700℃の温度で熱処理を行なった請求項1ないし4のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【請求項6】 飽和磁束密度Bsが14000G以上であり、保磁力Hcが20e以下である請求項1ないし5のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【請求項7】 一対のコア間に、請求項1ないし6のいずれかに記載の軟磁性多層膜を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項8】 前記一対のコアを作業温度Twが450~700℃の溶着ガラスにより溶着一体化した請求項7に記載の磁気ヘッド。

【請求項9】 上部磁極層と、下部磁極層と、保護層とを有する薄膜磁気ヘッドであって、前記上部磁極層および下部磁極層が、請求項1ないし6のいずれかに記載の軟磁性多層膜で形成されていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項10】 基板上に形成された請求項1ないし6のいずれかに記載の軟磁性多層膜で磁気回路が形成されていることを特徴とする磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、軟磁性多層膜および磁

気ヘッド、特にメタル・イン・ギャップ (MIG) 型磁気ヘッドや、エンハンスド・デュアル・ギャップ・レンダス (EDG) 型磁気ヘッドや、薄膜磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 フェライト製の第1のコアと第2のコアとの少なくとも一方のギャップ部対向面にコアよりも飽和磁束密度Bsの高いセンダスト等の軟磁性薄膜を有するMIG型磁気ヘッドが知られている。この磁気ヘッドでは、軟磁性薄膜から強力な磁束を磁気記録媒体に印加できるため、高い保磁力を有する媒体に有効な記録が行える。

【0003】 また、高密度記録や高速データ転送が可能である等の優れた諸特性を有する浮上型の薄膜磁気ヘッドが実用化されてきている。そして、薄膜磁気ヘッドでも高密度の磁束を発生させるため、上部および下部磁極層には、飽和磁束密度Bsの高いパーマロイ、センダスト等の軟磁性薄膜が用いられる。

【0004】 また、軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層することによって、単層の場合に比べて透磁率μが向上し、しかもμの周波数特性が向上することが知られている。このため、単層の軟磁性薄膜のかわりに、軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層した軟磁性多層膜を用いることが試みられている。

【0005】 ところで、磁気ヘッドに用いられるこのような軟磁性薄膜の飽和磁束密度Bsは、高々12000G程度である。このため、従来の磁気ヘッドでは、オーバーライト特性等の電磁変換特性が不十分であり、特に高保磁力を有する磁気記録媒体の場合には、より一層高い飽和磁束密度Bsが要求されている。

【0006】 また、(100) 配向性が強いFe系軟磁性薄膜は、結晶磁気異方性が小さいため、優れた軟磁気特性を有することが知られている。しかし、スパッタリング等の一般の気相法にてFe系軟磁性薄膜の成膜を行なっても(100) 配向性を強くできず、主に(110) 面配向や無配向の薄膜ができる。このため、(100) 配向性が強い膜を成膜するには、特定の材質の基板、例えばZnSeを使用したり、(100) 配向あるいは(100) 配向性が強いGaAs等の単結晶基板を使用しなければならない。

【0007】 このように(100) 配向性が強い膜は、限定された条件でしか実現しないため、磁気ヘッドの軟磁性薄膜を(100) 配向あるいは(100) 配向性を強くすることは非常に困難である。

【0008】 ところで、Feをターゲットし、ArとNの混合ガス中でスパッタリングして、センダストよりもさらに飽和磁束密度Bsが高いFe-N軟磁性薄膜を得ることができる。これは、Nを混合することにより、Feの結晶粒が微細化され、磁気異方性分散が減少するためである。

【0009】例えば、特開昭64-15907号公報には、Feを主体とし、Fe、Nおよび/またはFe、Nからなる窒化鉄を含有する軟磁性薄膜が開示されている。そして、この軟磁性薄膜は、飽和磁束密度が15000G以上であり、保磁力Hcが低く、前記磁気ヘッド用としては好適な磁気特性を有している。

【0010】しかしFe-N軟磁性薄膜は、耐熱性が低く、約350℃程度の温度で結晶粒径が大きくなり、保磁力Hcが急激に増加してしまう。

【0011】このためガラス溶着等の熱処理によって450～700℃程度の温度下におかれるMIG型磁気ヘッドやEDG型磁気ヘッド、さらには、スパッタリング等による成膜工程で約350℃以上の温度下におかれる薄膜磁気ヘッドに多層膜として使用することは困難である。加えて、この軟磁性薄膜は、スパッタリング等の気相法で、通常の基板上に成膜を行なうだけでは(10)配向性を強くできない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、耐熱性や耐食性が高く、飽和磁束密度Bsが高く、しかも優れた軟磁気特性を有し、さらに周波数特性が良い軟磁性多層膜と、このような軟磁性多層膜を有する磁気ヘッド、特にMIG型磁気ヘッドやEDG型磁気ヘッド、さらには薄膜磁気ヘッドとを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記(1)～(10)の本発明により達成される。

【0014】(1)下記式で表わされる原子比組成を有し、X線回折にて、Fe(110)ピークに対するFe(200)ピークの相対強度比が1/3以上である軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層したことを特徴とする軟磁性多層膜。式  $Fe_{100-x-y-z}M_xN_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $0.1 \leq x \leq 15$ 、 $0 \leq y \leq 10$ 、 $0.1 \leq z \leq 15$ である。)

【0015】(2)下記式で表わされる原子比組成を有し、電子線回折にてFe(200)面配向を持つ軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層したことを特徴とする軟磁性多層膜。式  $Fe_{100-x-y-z}M_xN_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $0.1 \leq x \leq 15$ 、 $0 \leq y \leq 10$ 、 $0.1 \leq z \leq 15$ である。)

【0016】(3)下記式で表わされる原子比組成を有する軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層したことを特徴とする軟磁性多層膜。式  $Fe_{100-x-y-z}M_xN_yN_z$  (上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上であり、 $8 \leq x \leq 14$ 、 $0 \leq y \leq 1$

0、 $2 \leq z \leq 4$ である。)

【0017】(4)前記非磁性薄膜は、C、NおよびOから選ばれる1種以上を含有する薄膜である上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【0018】(5)200～700℃の温度で熱処理を行なった上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【0019】(6)飽和磁束密度Bsが14000G以上であり、保磁力Hcが2.0e以下である上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の軟磁性多層膜。

【0020】(7)一対のコア間に、上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の軟磁性多層膜を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【0021】(8)前記一対のコアを作業温度Twが450～700℃の溶着ガラスにより溶着一体化した上記(7)に記載の磁気ヘッド。

【0022】(9)上部磁極層と、下部磁極層と、保護層とを有する薄膜磁気ヘッドであって、前記上部磁極層および下部磁極層が、上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の軟磁性多層膜で形成されていることを特徴とする磁気ヘッド。

【0023】(10)基板上に形成された上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の軟磁性多層膜で磁気回路が形成されていることを特徴とする磁気ヘッド。

【0024】

【作用】本発明の軟磁性多層膜は、所定の軟磁性薄膜を非磁性薄膜を介して積層して構成され、単層の軟磁性薄膜に比べて、透磁率μが高く、保磁力Hcが低く、μの周波数特性が良好である。

【0025】この場合、本発明に使用する軟磁性薄膜は、Fe-N系であるため、飽和磁束密度Bsが非常に高く、保磁力Hcが低い。

【0026】そして、FeとNに、所定の元素を適量添加することにより、いかなる基板上にも(100)配向性ないし配向度が強い軟磁性薄膜を形成できる。このため、軟磁気特性が格段と向上する。

【0027】加えて、この添加元素は、Feより安定な窒化物を形成するため、飽和磁束密度Bsが約14000G以上、特に16000G以上のまま耐熱性や耐食性が著しく向上する。

【0028】ここに、熱処理によって保磁力が急激に変化する温度、例えば、保磁力Hcが2.0eになる熱処理温度を耐熱温度とすると、本発明に用いる軟磁性薄膜の耐熱温度は約500℃以上あり、薄層化して積層しても十分な耐熱性が得られる。

【0029】従って、本発明の軟磁性多層膜は、飽和磁束密度Bsが高く、加えて、保磁力Hcが低く、透磁率μが高い優れた軟磁気特性を有する。

【0030】このためこのような軟磁性多層膜を有する本発明の磁気ヘッドは、オーバーライト特性や、記録・

再生感度等が高く、周波数特性が良く、優れた電磁変換特性を有する。

【0031】加えて、本発明の軟磁性多層膜は、耐食性や耐摩耗性に優れるため、信頼性の高い磁気ヘッドが実現する。

【0032】なお、特開昭60-218820号公報や同60-220913号公報には、Feと、2~10重量%のAlと、3~16重量%のSiと、0.005~4重量%の窒素とを含有する単層の磁性薄膜が開示されている。そして、Feの一部をCoと置換することによって飽和磁束密度Bsを向上させ、Niと置換することによってBsを減少させることなく透磁率μを高い状態に保つことができる旨が記載されている。

【0033】しかし、実施例に示される具体例は、耐熱温度は高いが、飽和磁束密度Bsは高々12000G程度である。

【0034】このように飽和磁束密度Bsが高く、保磁力Hcが低く、透磁率μが高く、しかも耐熱性に優れた軟磁性多層膜は知られていない。

【0035】

【具体的構成】以下、本発明の具体的構成を詳細に説明する。

【0036】本発明の特に磁気ヘッドに好適な軟磁性多層膜の好適例を図1に示す。軟磁性多層膜4は、軟磁性薄膜41を非磁性薄膜43を介して積層して構成され、基体45上に形成されている。

【0037】軟磁性薄膜41は、下記式で示される原子比組成を有する。



【0038】上式においてMは、Mg、Ca、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、MnおよびBから選ばれる1種以上である。

【0039】これ以外の元素、例えばRu等では、飽和磁束密度Bsが低下したり、軟磁気特性が低下する。

【0040】これらのうちでは、特に、(100)配向性を高める上で、Zr単独ないしV単独、とりわけZr単独か、あるいはZrおよび/またはVがM中の20%以上を占め、これに上記のうちのZr、V以外の元素との組み合わせが好適である。

【0041】また、xは0.1~1.5である。この場合、xの上限値は、1.4であることが好ましい。前記範囲未満では、耐熱性が不十分である。このため熱処理等により保磁力Hcが大幅に増加する傾向にある。前記範囲をこえると、飽和磁束密度Bsが低下する。このため磁気ヘッドに適用した場合、オーバーライト特性が悪化する傾向にある。

【0042】また、(100)配向性ないし配向度が強い軟磁性薄膜とするには、xは2.5以上、特に3以上、さらには5以上、より好ましくは7以上、最も好ましくは8以上であることが好ましい。

【0043】xが前記範囲の場合、軟磁気特性が格段と向上する。また、耐熱性が向上し、Hcが20e以上、特に10e以上となる耐熱温度は、700℃、特に750℃に達する。

【0044】yは0~1.0、好ましくは0~0.5である。Niを添加することにより、透磁率μを向上させることができる。ただし前記範囲をこえると飽和磁束密度Bsが低下する傾向にある。なお、Niを必須成分として含むときには、その含有量yは1~1.0、より好ましくは1~0.5であることが好ましい。

【0045】zは0.1~1.5である。

【0046】前記範囲未満では、Nによる結晶粒の微細化が不十分で、軟磁気特性が得られない傾向にある。前記範囲をこえると、Fe、Ni、Mの窒化物が必要以上に生成されるため軟磁気特性が得られない傾向にある。この場合、zの下限値は、1、特に2であることが好ましく、またzの上限値は、1.0、特に0.5、さらには0.4、5、殊に4であることが好ましい。このような範囲にて(100)配向性はより一層好ましいものとなる。

【0047】そして、必要に応じて窒素に加え、酸素が全体の5at%以下含有されていてもよい。

【0048】このような本発明を構成する軟磁性薄膜41の組成は、例えば、Electron Probe Micro Analysis (EPMA)法により測定すればよい。

【0049】軟磁性薄膜41の膜厚は、用途等に応じて適宜選択すればよいが、通常0.01~10μm程度である。

【0050】また、軟磁性薄膜41は、単層でも十分な軟磁気特性が得られるため、単層で用いることができる。この場合、膜厚は、用途等に応じて適宜選択すればよいが、通常0.1~50μm程度である。

【0051】本発明に使用する軟磁性薄膜41を成膜するには、蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング、CVD等の各種気相法を用いればよい。

【0052】このうち特にスパッタ法により成膜することが好ましく、例えば以下のように成膜すればよい。ターゲットには、合金製造体や焼結体さらには、多元ターゲット等を用いる。そして、Ar等の不活性ガス雰囲気下でスパッタリングを行なう。

【0053】また、反応性スパッタを行なう場合には、ターゲットの組成は前述の式において、Nが含有されないものとほぼ同一とすればよい。

【0054】そして、スパッタリングは、Ar中にN<sub>2</sub>を0.1~1.5体積%、好ましくは2~10体積%含有する雰囲気下で行われる。前記範囲外であると、軟磁気特性が得られない傾向にある。

【0055】スパッタの方式には、特に制限がなく、また、使用するスパッタ装置にも制限がなく、通常のもを用いればよい。なお、動作圧力は通常0.1~1.0Pa程度とすればよい。この場合、スパッタ投入電圧や

電流等の諸条件は、スパッタ方式等に応じ適宜決定する。

【0056】次に、本発明を構成する非磁性薄膜43には特に制限がなく、従来軟磁性多層膜に使用されている各種非磁性薄膜等、例えば、C、NおよびOから選ばれる1種以上を含有する非磁性薄膜を用いればよい。この場合、非磁性薄膜の金属ないし半金属ないし半導体元素としては、Mg、Ca、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、B、Al、GaおよびSiから選ばれる1種以上が好適である。そして、これら金属ないし半金属ないし半導体の1種以上の炭化物、窒化物、酸化物、またはこれらの混合物から非磁性薄膜を形成する。この場合、炭化物、窒化物、酸化物は化学量論組成であっても、それから偏倚していてもよい。

【0057】また、非磁性薄膜43の膜厚は、用途等に応じて適宜選択すればよいが、通常0.001~0.1  $\mu\text{m}$  程度である。

【0058】非磁性薄膜43を成膜するには、蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング、CVD等の各種気相法を用いればよい。

【0059】本発明の軟磁性多層膜4の軟磁性薄膜41や非磁性薄膜43の積層数には特に制限がなく、目的や用途等に応じて適宜選択すればよいが、作業性等の点から、軟磁性薄膜41の積層数は、通常3~50層程度とする。また、軟磁性多層膜4の全厚にも特に制限がなく、目的や用途等に応じて適宜選択すればよいが、通常0.1~30  $\mu\text{m}$  程度とする。なお、軟磁性薄膜41および非磁性薄膜43は、それぞれ、作業性等の点から、通常同じ組成、同じ膜厚とするが、場合によっては組成や膜厚は異なってもよく、この場合、複数の組成や膜厚の膜が規則的に積層されていてもよい。

【0060】軟磁性薄膜41と非磁性薄膜43とを交互に成膜した後は、軟磁性薄膜に熱処理を行なう。熱処理により、軟磁性薄膜の(100)配向性ないし配向度が強くなり、軟磁気特性が格段と向上し、しかも飽和磁束密度Bsも向上する。

【0061】具体的には、軟磁性薄膜のX線回折チャートをみたとき、熱処理前は、通常非晶質であって、ピークが存在しないが、熱処理によりFe(110)ピークに対するFe(200)ピークの相対強度比が、1/3以上、そして熱処理温度を上昇させることにより2以上、さらに3以上、場合によっては無限大にまで増大し、さらに飽和磁束密度Bsも向上する。

【0062】この場合、例えば、フェライト等の磁性体、非磁性セラミックス、高分子フィルム等いかなる基板ないし膜上に成膜しても(100)配向性が強い軟磁性薄膜が得られ、このような軟磁性薄膜を有する軟磁性多層膜が実現する。

【0063】このこと、すなわち軟磁性薄膜の(10

0)配向性は、電子線回折パターンにおいて、Fe(200)面からの回折リングが不連続であることから確認できる。

【0064】本発明では、膜のX線回折チャートにて、Fe(110)ピークに対するFe(200)ピークの相対強度比が、1/3以上となり、(100)配向性が無配向状態より増大し、特にこの値が1以上、より好ましくは2以上、さらに好ましくは3以上であることが好ましい。なお、X線回折チャートにおけるFe(110)ピークの $2\theta$ ( $\theta$ は回折角)は、CuK $\alpha$ を用いた場合44.7度程度、Fe(200)ピークの $2\theta$ は、65度程度である。

【0065】熱処理条件は、特に下記の条件が好適である。

【0066】

昇温速度：2~8℃/分程度  
保持温度：200~700℃、特に400~650℃程度、さらには400~600℃程度  
保持時間：10~60分程度  
冷却速度：2~8℃/分程度

【0067】なお、雰囲気はAr等の不活性ガスでよい。前記条件にて熱処理を行なうことにより、より一層優れた軟磁気特性の軟磁性多層膜が得られる。

【0068】また、単層の軟磁性薄膜の場合の熱処理条件は、保持温度：200~800℃程度、より好ましくは400~750℃程度、さらに好ましくは400~700℃程度が好ましく、その他の条件は前記多層膜の場合と同様とすることが好ましい。

【0069】また、単層の軟磁性薄膜は、例えば膜厚1~5  $\mu\text{m}$  程度の場合、下記の特性を有する。

【0070】保磁力Hc(50Hz)：0.1~20e程度、特に0.1~10e程度

初透磁率 $\mu$ (5MHz)：1000~5000程度、特に2000~5000程度

飽和磁束密度Bs(DC)：14000~20000G程度、特に16000~20000G程度、さらに17000~19000G程度

結晶粒の平均結晶粒径D：50~500Å程度、特に100~300Å程度、さらに150~250Å程度

【0071】そして、本発明の軟磁性多層膜では下記の特性が得られる。

保磁力Hc(50Hz)：0.1~20e程度、特に0.1~10e程度

初透磁率 $\mu$ (5MHz)：1000~6000程度、特に2000~6000程度このように、多層化によって、軟磁気特性が向上し、しかも周波数特性が向上する。この場合、BsやDは前記単層膜と同等である。

【0072】軟磁性薄膜や軟磁性多層膜の磁気特性の測定は、例えば磁気ヘッドに適用する場合であれば、磁気

ヘッドに形成する場合と同一条件で非磁性基板上に成膜し、同一条件の熱処理を行った後、下記のとおり行なえばよい。

【0073】初透磁率( $\mu$ ): 8の字コイル透磁率測定器を用い、印加磁界5mOeにて測定

保磁力(Hc): B-Hトレースにて測定

飽和磁束密度(Bs): VSMを用い、10000Gの磁場中で測定

【0074】また、結晶粒の平均結晶粒径Dは、X線回折線のFe(200)ピーク半値巾 $W_{50}$ を測定し、下記

10 のシェラーの式から求めればよい。

$$\text{式 } D = 0.9 \lambda / W_{50} \cos \theta$$

【0075】上式において、 $\lambda$ は用いたX線の波長であり、 $\theta$ は回折角である。なお、前記のとおりCuK $\alpha$ を用いた場合、Fe(200)ピークの2 $\theta$ は、65度程度である。

【0076】このような本発明の軟磁性多層膜は、特にMIG(メタル・イン・ギャップ)型磁気ヘッドや薄膜磁気ヘッド等の各種磁気ヘッドに適用できる。そして、磁気ヘッドのほかにも、薄膜インダクタ等各種軟磁性部品等に適用できる。このような場合、前述したとおり、単層膜としても使用可能である。

【0077】次に、本発明の磁気ヘッドについて説明する。本発明のMIG型磁気ヘッドの好適実施例を、図2および図3に示す。

【0078】図2に示される磁気ヘッドは、第1コア1と、ギャップ部対向面に、軟磁性多層膜4が形成されている第2コア2とを有し、両コアがギャップ5を介して接合され、溶着ガラス3により溶着一体化されている。

【0079】また、図3に示される磁気ヘッドは、軟磁性多層膜4を第1コア1、第2コア2の双方のギャップ部対向面に形成したタイプのものである。

【0080】本発明において、コア1、2はフェライトから構成されることが好ましい。この場合、用いるフェライトに特に制限はないが、Mn-ZnフェライトまたはNi-Znフェライトを、目的に応じて用いることが好ましい。

【0081】Mn-Znフェライトとしては、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 50~60モル%程度、ZnO 8~25モル%程度、残部が実質的にMnOのものが好適である。また、Ni-Znフェライトは特に高周波領域において優れた特性を示すものであり、好ましい組成としては、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が30~60モル%、NiOが15~50モル%、ZnOが5~40モル%程度のものである。

【0082】コア1、2の直流での飽和磁束密度Bsは、好ましくは3,000~6,000Gとする。飽和磁束密度が前記範囲未満であると、オーバーライト特性が低下する他、このような飽和磁束密度の組成では、キュリー温度が低くなるため熱的安定性が低下してしまう。前記範囲をこえると、磁歪が増加して磁気ヘッドと

しての特性が悪化したり、着磁し易くなる。

【0083】コア1、2の直流での初透磁率 $\mu$ は1,000以上、保磁力Hcは0.30e以下であることが好ましい。

【0084】また、コア1、2のギャップ部対向面は、鏡面研磨等により平滑化し、後述する軟磁性多層膜4や下地膜等が形成され易いようにすることが好ましい。

【0085】軟磁性多層膜4は、記録時に密度の高い磁束を発生させ、高い保磁力を有する磁気記録媒体に有効な記録を行なうために設けられる。軟磁性多層膜4には、前述した本発明の軟磁性多層膜を用いる。

【0086】磁気ヘッド完成時の軟磁性多層膜4の飽和磁束密度Bsは、14000G以上、より好ましくは16000G以上、特に好ましくは17000G以上であることが好ましい。前記範囲未満であるとオーバーライト特性が悪化し、特に高保磁力の磁気記録媒体への記録が困難である。

【0087】また、軟磁性多層膜4の軟磁性薄膜は、(100)配向性が強い。(100)配向性が強いと、軟磁性多層膜4の軟磁気特性が向上し、高い記録・再生感度を得られる。

【0088】また、軟磁性多層膜4の軟磁性薄膜の結晶粒の平均結晶粒径は、500Å以下、より好ましくは300Å以下、特に100~300Å程度であることが好ましい。前記範囲の場合、軟磁気特性が向上し、高い記録・再生感度を得られる。

【0089】この場合、軟磁気特性、すなわち、磁気ヘッド完成時における軟磁性多層膜4の50Hzでの保磁力Hcは、20e以下、より好ましくは10e以下、特に好ましくは0.80e以下であることが好ましい。そして、軟磁性多層膜4の5mHzでの初透磁率 $\mu$ は、1000以上、より好ましくは1500以上、特に好ましくは2000以上であることが好ましい。保磁力Hcが前記範囲をこえると、あるいは初透磁率 $\mu$ が前記範囲未満であると、記録・再生感度が低下する傾向にある。

【0090】軟磁性多層膜4の膜厚は、好ましくは0.2~5 $\mu$ m、さらに好ましくは0.5~3 $\mu$ mである。膜厚が前記範囲未満であると、軟磁性多層膜4全体の体積が不足して飽和し易くなり、MIG型磁気ヘッドの機能を十分に果たすことが困難となる。

【0091】このような軟磁性多層膜4を有することにより、本発明の磁気ヘッドは保磁力8000e以上の磁気記録媒体に対し有効な記録を行なうことができる。

【0092】そして、コア1、コア2および軟磁性多層膜4が前述したような磁気特性であれば、磁気ヘッドとして高い出力と分解能とが得られる。また、オーバーライト特性も-35dB以下の良好な値が得られる。なお、分解能とは、例えば、1f信号の出力をV<sub>1</sub>、2f信号の出力をV<sub>2</sub>としたとき、(V<sub>2</sub>/V<sub>1</sub>)×100 [%]で表わされるものである。また、オーバーライト特

性とは、例えば、1 f 信号の上に2 f 信号を重ね書きしたときの2 f 信号出力に対する1 f 信号出力である。

【0093】ギャップ5は、非磁性材質から形成される。特に、ギャップ5には、接着強度を高めるため接着ガラスを用いることが好ましく、例えば、特願平1-71506号等々に示されるガラスが好適である。また、ギャップ5は、接着ガラスのみで形成されていてもよいが、ギャップ形成速度やギャップ強度を高めるため、図示のようにギャップ51とギャップ53との2層で形成されることが好ましい。この場合、ギャップ51にはS1O<sub>2</sub>を用い、ギャップ53には接着ガラスを用いることが好ましい。

【0094】なお、後述する溶着ガラス3が、ギャップ両サイドに流れ込むタイプの磁気ヘッドの場合は、ギャップ5を酸化ケイ素のみで形成してもよい。ギャップ5の形成方法には特に制限はないが、スパッタ法を用いることが好ましい。ギャップ長は、通常0.2~2.0μm程度である。

【0095】本発明のMIG型磁気ヘッドは、図2や図3に示されるように、第1コア1と、第2コア2とがギャップ5を介して接合一体化されているものである。コアの接合は、通常、ギャップ53の接着ガラスにより熱圧着すると同時に溶着ガラス3を流し込むことにより行う。用いる溶着ガラス3の作業温度Twは450~700℃、特に460~650℃程度であることが好ましい。ここに、作業温度Twとは、周知のように、ガラスの粘度が10<sup>4</sup> poiseとなる温度である。

【0096】本発明では耐熱性の高い前記の軟磁性多層膜4を用いるため、このようなTwのガラスを用いて溶着しても、保磁力Hcは20e以下、特に10e以下、さらには0.80c以下の値を保持する。溶着ガラス3には、特に制限はないが、鉛ケイ酸ガラスを用いることが好ましい。このうち、例えば、下記に示されるガラスが好適である。

【0097】

PbO: 67.5~87.5重量%程度

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 4.0~8.1重量%程度

SiO<sub>2</sub>: 7.5~16.6重量%程度

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.3~0.8重量%程度

ZnO: 2.2~3.3重量%程度

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0~0.1重量%程度

Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO等: 0~4重量%程度

Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0~1重量%程度

【0098】なお、溶着に際しては、溶着温度を作業温度Tw近辺とし、通常の方法により行う。この場合、溶着処理が、軟磁性多層膜4の熱処理を兼ねるようにしてもよい。

【0099】また、本発明においては、図4に示されるように、第1コア1にコアより飽和磁束密度Bsの低い低飽和磁束密度合金薄膜6を形成し、第2コア2に前述

した軟磁性多層膜4を形成したいわゆるEDG型のMIG型磁気ヘッドとすることができる。そして、前述したMIG型磁気ヘッドと同様の効果を得ることができる。この場合、低飽和磁束密度合金薄膜6には、例えば、特願昭63-311591号に示される低飽和磁束密度非晶質薄膜等を用いることができ、優れたオーバーライト特性や高い感度を得られる。

【0100】本発明の磁気ヘッドは、必要に応じてスライダと一体化され、組立てられヘッドアセンブリーとされる。そして、いわゆるラミネートタイプやバルクタイプ等のトンネルイレーズ型あるいはイレーズヘッドを有しないリードライト型などのオーバーライト記録を行なうフロッピーヘッド、モノリシックタイプやコンポジットタイプの浮上型の計算機用ヘッド、回転型のVTR用ヘッドやR-DAT用ヘッドなどの各種磁気ヘッドとして用いられる。このようにして、前記の本発明の磁気ヘッドを用いて、公知の種々の方式のオーバーライト記録を行なうことができる。

【0101】次に、本発明の薄膜磁気ヘッドについて説明する。

【0102】図5に、本発明の好適実施例である浮上型の薄膜磁気ヘッドを示す。図5に示される薄膜磁気ヘッドは、スライダ7上に、絶縁層81、下部磁極層91、ギャップ層10、絶縁層83、コイル層11、絶縁層85、上部磁極層95および保護層12を順次有する。

【0103】本発明においてスライダ7は、材料として従来公知の種々のものを用いればよく、例えばセラミックス、フェライト等により構成される。この場合、セラミックス、特にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiCを主成分とするセラミックス、ZrO<sub>2</sub>を主成分とするセラミックス、SiCを主成分とするセラミックスまたはAlNを主成分とするセラミックスが好適である。なお、これらには、添加物としてMg、Y、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>等が含有されていてもよい。スライダ7の形状やサイズ等の諸条件は公知の何れのものであってもよく、用途に応じ適宜選択される。

【0104】スライダ7上には、絶縁層81が形成される。絶縁層81の材料としては従来公知のものは何れも使用可能であり、例えば、薄膜作製をスパッタ法により行なうときには、SiO<sub>2</sub>、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を用いることができる。絶縁層81の膜厚やパターンは公知の何れのものであってもよく、例えば膜厚は、5~40μm程度とする。

【0105】磁極は、通常図示のように、下部磁極層91と、上部磁極層95として設けられる。本発明では、下部磁極層91および上部磁極層95には、それぞれ、前述のMIG型磁気ヘッドやEDG型のMIG型磁気ヘッドの場合と同様に、本発明の軟磁性多層膜を用いる。このため、オーバーライト特性に優れ、記録・再生感度が高い磁気ヘッドが得られる。なお、成膜や熱処理等も



前記と同様に行えばよい。

【0106】下部および上部磁極層91、95のパターン、膜厚等は公知のいずれのものであってもよい。例えば下部磁極層91の膜厚は1~5 $\mu\text{m}$ 程度、上部磁極層95の膜厚は1~5 $\mu\text{m}$ 程度とすればよい。下部磁極層91および上部磁極層95の間にはギャップ層10が形成される。

【0107】ギャップ層10には、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 等公知の種々の材料を用いればよい。また、ギャップ層10のパターン、膜厚等は公知の何れのものであってもよい。例えば、ギャップ10の膜厚は0.2~1.0 $\mu\text{m}$ 程度とすればよい。

【0108】コイル層11の材質には特に制限はなく、通常用いられるAl、Cu等の金属を用いればよい。コイルの巻回パターンや巻回密度についても制限はなく、公知のものを適宜選択使用すればよい。例えば巻回パターンについては、図示のスパイラル型の他、積層型、ジグザグ型等何れであってもよい。また、コイル層11の形成にはスパッタ法等の各種気相被着法やめっき法等を用いればよい。

【0109】図示例ではコイル層11は、いわゆるスパイラル型としてスパイラル状に下部および上部磁極層91、95間に配設されており、コイル層11と下部および上部磁極層91、95間には絶縁層83、85が設けられている。

【0110】絶縁層83、85の材料としては従来公知のものは何れも使用可能であり、例えば、薄膜作製をスパッタ法により行なうときには、 $\text{SiO}_2$ 、ガラス、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を用いることができる。

【0111】また、上部磁極層95上には保護層12が設けられる。保護層12の材料としては従来公知のものは何れも使用可能であり、例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を用いることができる。この場合、保護層12のパターンや膜厚等は従来公知のものはいずれも使用可能であり、例えば膜厚は10~50 $\mu\text{m}$ 程度とすればよい。なお、本発明ではさらに各種樹脂コート層等を積層してもよい。

【0112】このような薄膜磁気ヘッドの製造工程は、通常、薄膜作製とパターン形成とによって行なわれる。各層の薄膜作製には、上記したように、従来公知の技術である気相被着法、例えば真空蒸着法、スパッタ法、あるいはめっき法等を用いればよい。

【0113】薄膜磁気ヘッドの各層のパターン形成は、従来公知の技術である選択エッチングあるいは選択デポジションにより行なうことができる。

【0114】エッチングとしてはウェットエッチングやドライエッチングにより行なうことができる。

【0115】本発明の薄膜磁気ヘッドは、アーム等の従来公知のアセンブリーと組み合わせて使用される。

【0116】また、前記の本発明の薄膜磁気ヘッドを用いて、種々の方式のオーバーライト記録を行うことがで

きる。この場合、保磁力 $H_c$ が、8000e以上の磁気記録媒体に対し有効に、記録・再生を行うことができる。

【0117】さらに、本発明においては、非磁性基板間に軟磁性多層膜をパターン状に形成したり、非磁性基板間に軟磁性多層膜を形成した一対のコアハーフ同士を突き合わせたりして、これらの軟磁性多層膜により磁気回路を形成して磁気ヘッドとしてもよい。なお、前記の各種磁気ヘッドは、軟磁性多層膜のかわりに単層の軟磁性薄膜が形成されているものであってもよい。

【0118】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例を挙げ、本発明をさらに詳細に説明する。

【0119】実施例1

図2に示されるように、第1コア1と、ギャップ部対向面に軟磁性多層膜4が形成されている第2コア2とをギャップ5を介して接合一体化し、MIG型磁気ヘッドを製造した。コア1、2の材質は $\text{Mn-Zn}$ フェライトとし、直流での飽和磁束密度 $B_s$ は5000G、初透磁率 $\mu$ は3000、保磁力 $H_c$ は0.10eであった。

【0120】軟磁性多層膜4は、軟磁性薄膜と非磁性薄膜とを交互にそれぞれ10層ずつ積層して構成した。軟磁性薄膜は、RFマグネトロンスパッタにより形成し、膜厚を0.1 $\mu\text{m}$ とした。この場合、スパッタリングは $\text{Fe}_{55}\text{Zr}_{45}$ （原子比）の合金をターゲットとし、Ar中に $\text{N}_2$ を10体積%含有する雰囲気下で行なった。動作圧力は0.4Paとした。また、非磁性薄膜は、RFマグネトロンスパッタにより形成し、膜厚を0.01 $\mu\text{m}$ とした。

【0121】軟磁性薄膜の組成、非磁性薄膜、軟磁性多層膜の直流での飽和磁束密度 $B_s$ 、周波数50Hzでの保磁力 $H_c$ および周波数5MHzでの初透磁率 $\mu$ を、下記に示す。

【0122】なお、 $B_s$ 、 $H_c$ および $\mu$ は溶着熱処理後の値である。この場合、熱処理温度は600℃、保持時間は60分間とした。また、磁気特性等の測定は、非磁性基板上に軟磁性多層膜4をヘッド作製の際と同一の条件で形成して行った。そして、組成分析にはEPMA、 $B_s$ 測定にはVSM、 $H_c$ 測定にはB-Hトレサ、 $\mu$ 測定には8の字コイル透磁率測定器（印加磁界5mOe）を用いて行った。

【0123】ギャップ51には $\text{SiO}_2$ を用い、スパッタにより形成し、その膜厚は0.3 $\mu\text{m}$ とした。ギャップ53には、作業温度 $T_w$ が650℃の接着ガラスを用いた。なお、ギャップ53はスパッタにより形成し、その膜厚は0.1 $\mu\text{m}$ とした。

【0124】溶着ガラス3には、作業温度 $T_w$ が、600℃の72.50PbO-7.05 $\text{B}_2\text{O}_3$ -14.57 $\text{SiO}_2$ -0.55 $\text{Al}_2\text{O}_3$ -2.75ZnO-0.05 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ -2.50 $\text{Na}_2\text{O}$ -0.30 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ （重量%）を用い、600℃で溶着を行った。

【0125】また、コイルターン数は $20 \times 2$ ターンとした。そして、チタン酸カルシウム製スライダに固定・封着して、コンボジットタイプの浮上型磁気ヘッドを得た。

【0126】このようにして製造された磁気ヘッドをサンプルNo. 1とする。このサンプルと、保磁力が $1500 \text{ Oe}$ のハードディスクとを用いて、トラック幅 $14 \mu\text{m}$ にて下記の特性を測定した。なお、測定に際しては、第1コア1を、ハードディスクリーディング側とした。

【0127】(オーバーライト特性)  $1.25 \text{ MHz}$ の1 f信号を記録し、次いでこの上から $2.5 \text{ MHz}$ の2 f信号を重ね書きした。2 f信号の出力に対する1 f信号の出力を算出し、オーバーライト特性を評価した。

【0128】(記録・再生感度測定)  $5 \text{ MHz}$ の信号を記録し、次いで記録した信号を再生し、その時の再生出力電圧値 $V'_{p-p}$ (ピーク・ツー・ピーク)を測定する。そして $V'$ を規格化して $V$ を算出する。

【0129】これらの結果は下記のとおりである。

【0130】

軟磁性薄膜:  $\text{Fe}_{57} \text{ Zr}_{10} \text{ Ni}$  (原子比)

非磁性薄膜:  $\text{ZrNi}$

$B_s : 17,000 \text{ G}$

$H_c : 0.30 \text{ Oe}$

$\mu (5 \text{ MHz}) : 4000$  オーバーライト特性:  $-40 \text{ dB}$

$V_{p-p} : 1.30 \mu\text{V}/\mu\text{m}/\text{ターン}$

【0131】また、サンプルを濃度5% (重量百分率)の塩化ナトリウム水溶液中に168時間浸した後、軟磁性薄膜の表面を電子顕微鏡で観察したところ、本発明のサンプルNo. 1では、さびの発生はほとんど確認されなかった。さらに、60分間、 $700^\circ\text{C}$ にて熱処理したところ、 $H_c$ は $1 \text{ Oe}$ 未満であった。また、 $\mu$ および $V$ の周波数特性も良好であった。

【0132】また、サンプルNo. 1の熱処理後の軟磁性薄膜のX線回折チャートを図6に示す。このチャートを見ると、 $\text{Fe}(110)$ ピークに対する $\text{Fe}(200)$ ピークの相対強度比は、3.1であり、サンプルNo. 1は、 $(100)$ 配向性が強いことを確認できる。また、電子線回折パターンからも $(100)$ 配向が認められた。

【0133】比較例1

実施例1の軟磁性多層膜を膜厚 $1 \mu\text{m}$ の単層の軟磁性薄膜に変えた他は実施例1と同一のサンプルNo. 2を作製したところ下記の結果を得た。

$B_s : 17,000 \text{ G}$

$H_c : 0.50 \text{ Oe}$

$\mu (5 \text{ MHz}) : 3000$

オーバーライト特性:  $-40 \text{ dB}$

$V_{p-p} : 1.20 \mu\text{V}/\mu\text{m}/\text{ターン}$

【0134】また、サンプルNo. 2を濃度5% (重量百分率)の塩化ナトリウム水溶液中に168時間浸した後、軟磁性薄膜の表面を電子顕微鏡で観察したところ、本発明のサンプルNo. 1と同様、さびの発生はほとんど確認されなかった。さらに、60分間、 $700^\circ\text{C}$ にて熱処理したところ、 $H_c$ は $1 \text{ Oe}$ 未満であった。また、 $\mu$ および $V$ の周波数特性は、サンプルNo. 1より悪かった。

【0135】なお、サンプルNo. 2の熱処理後の軟磁性薄膜のX線回折チャートは、サンプルNo. 1と同様であり、また、電子線回折パターンからも $(100)$ 配向が認められた。

【0136】比較例2

実施例1軟磁性薄膜のターゲット組成と雰囲気中の $\text{N}_2$ 量を変えた他は実施例1と同一の条件にて $\text{Fe}_{75} \text{ Zr}_{17} \text{ Ni}_{18}$ のサンプルNo. 3を作製したところ、下記の結果をえた。

【0137】

$B_s : 16,000 \text{ G}$

$H_c : 0.70 \text{ Oe}$

$\mu (5 \text{ MHz}) : 2000$

オーバーライト特性:  $-37 \text{ dB}$

$V_{p-p} : 1.0 \mu\text{V}/\mu\text{m}/\text{ターン}$

【0138】このサンプルNo. 3の軟磁性薄膜の $\text{Fe}(110)$ ピークに対する $\text{Fe}(200)$ ピークの相対強度比は0であった。これらの結果から、 $\text{Fe}(100)$ 配向の効果があきらかである。

【0139】実施例2

実施例1と同様にして、本発明のメタル・イン・ギャップ型磁気ヘッドサンプルNo. 4、6、8、10、12、14、16および18と、比較例1と同様にして、比較用サンプルNo. 5、7、9、11、13、15、17および19とを製造し、同様の測定を行なった。

【0140】軟磁性薄膜組成は、 $\text{Fe}_{57-x-y-w} \text{ M Ni}_{18} \text{ O}_w$ にて、表1に示されるように、 $M$ 、 $x$ 、 $y$ および $w$ を変えたものであり、表1に示される非磁性薄膜と組み合わせた。

【0141】

[表1]

表 1

サンプル No.	軟磁性薄膜				積層数	非磁性薄膜
	M	x	y	w		
4 (本発明)	Ti	13	0	0	10	BN
5 (比較)	Ti	13	0	0	1	-
6 (本発明)	Hf	10	0	0	10	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
7 (比較)	Hf	10	0	0	1	-
8 (本発明)	Ta	12	0	0	10	ZrO <sub>2</sub>
9 (比較)	Ta	12	0	0	1	-
10 (本発明)	Nb	12	0	0	10	SiO <sub>2</sub>
11 (比較)	Nb	12	0	0	1	-
12 (本発明)	Zr	10	2	0	10	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
13 (比較)	Zr	10	2	0	1	-
14 (本発明)	Zr	8	2	0	10	ZrC
	Ti	2				
15 (比較)	Zr	8	2	0	1	-
	Ti	2				
16 (本発明)	Zr	8	0	0	10	SiC
	Ti	2				
17 (比較)	Zr	8	0	0	1	-
	Ti	2				
18 (本発明)	Zr	10	0	1	10	TaC
19 (比較)	Zr	10	0	1	1	-

【0142】

【表2】

表 2

サンプル No.	軟磁性多層膜			オーバーライト 特 性 (dB)	再生出力電圧値 $V_{p-p}$ ( $\mu V/\mu m/turn$ )
	飽和磁束密度 $B_s$ (G)	保磁力 $H_c$ (Oe)	初透磁率 $\mu_i$ (5MHz)		
4 (本発明)	16000	0.3	3500	-37	1.30
5 (比較)	16000	0.5	2500	-37	1.20
6 (本発明)	16500	0.4	3300	-38	1.29
7 (比較)	16500	0.6	2300	-38	1.19
8 (本発明)	16000	0.5	3200	-37	1.27
9 (比較)	16000	0.7	2200	-37	1.18
10 (本発明)	16000	0.3	3400	-37	1.30
11 (比較)	16000	0.5	2500	-37	1.19
12 (本発明)	18000	0.2	4500	-42	1.31
13 (比較)	18000	0.4	3500	-42	1.22
14 (本発明)	17800	0.2	4500	-41	1.31
15 (比較)	17800	0.4	3500	-41	1.21
16 (本発明)	17500	0.3	4000	-41	1.31
17 (比較)	17500	0.5	3000	-41	1.20
18 (本発明)	16800	0.2	4000	-40	1.33
19 (比較)	16800	0.4	3000	-40	1.22

【0143】サンプルNo. 4～19の軟磁性薄膜のFe (110) ピークに対するFe (200) ピークの相対強度比は、1～10程度であり、電子線回折パターンからも(100)配向が認められた。また、本発明のサンプルは、単層膜を用いた比較用サンプルに比べて、 $\mu$ および $V_{p-p}$ の周波数特性が良好であった。また、サンプルNo. 4～19は、耐食性も良好であった。

【0144】なお、このほか、前記組成式においてMが異なる各サンプル、軟磁性薄膜の積層数や膜厚が異なる各サンプル、非磁性薄膜が異なる各サンプルを製造したところ同等の結果が得られた。

#### 【0145】実施例3

図4に示されるように、ギャップ部対向面にコアより飽和磁束密度 $B_s$ が低い低飽和磁束密度合金薄膜6が形成されている第1コア1と、軟磁性多層膜4が形成されている第2コア2とをギャップ5を介して接合一体化し、EDG型のメタル・イン・ギャップ型磁気ヘッドを製造した。そして、実施例1と同様の測定を行ったところ、

同等の結果が得られた。

#### 【0146】実施例4

図5に示されるように、スライダ7上に順次、絶縁層81、下部磁極層91、ギャップ層10、絶縁層83、コイル層11、絶縁層85、上部磁極層95および保護層12を有する薄膜磁気ヘッドを製造した。この場合、各層の形成には、スパッタ法を用い、パターン形成には、ドライエッチングを用いた。

【0147】スライダ7には、 $Al_2O_3-TiC$ を用いた。絶縁層81には、 $Al_2O_3$ を用い、膜厚は30 $\mu m$ とした。下部および上部磁極層91、95には、 $Fe_{97}M_{3}Ni_{3}Ow$ にて、表3に示される膜厚0.1 $\mu m$ の軟磁性薄膜と、膜厚0.01 $\mu m$ の非磁性薄膜とを交互にそれぞれ30層積層した軟磁性多層膜または膜厚3 $\mu m$ の単層の軟磁性薄膜を用いた。

#### 【0148】

【表3】

表 3

サンプル No.	磁性薄膜				積層数	非磁性薄膜
	M	x	y	w		
20 (本発明)	Zr	10	0	0	30	ZrN
21 (比較)	Zr	10	0	0	1	-
22 (比較)	Zr	10	0	0	30	ZrN
23 (本発明)	Ti	13	0	0	30	BN
24 (比較)	Ti	13	0	0	1	-
25 (本発明)	Hf	10	0	0	30	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
26 (比較)	Hf	10	0	0	1	-
27 (本発明)	Ta	12	0	0	30	ZrO <sub>2</sub>
28 (比較)	Ta	12	0	0	1	-
29 (本発明)	Nb	12	0	0	30	SiO <sub>2</sub>
30 (比較)	Nb	12	0	0	1	-
31 (本発明)	Zr	10	2	0	30	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
32 (比較)	Zr	10	2	0	1	-
33 (本発明)	Zr	8	2	0	30	ZrC
	Ti	2				
34 (比較)	Zr	8	2	0	1	-
	Ti	2				
35 (本発明)	Zr	8	0	0	30	SiC
	Ti	2				
36 (比較)	Zr	8	0	0	1	-
	Ti	2				
37 (本発明)	Zr	10	0	1	30	TaC
38 (比較)	Zr	10	0	1	1	-

【0149】下部および上部磁極層91、95の直流での飽和磁束密度Bs、周波数50 Hzでの保磁力Hc、周波数5MHzでの初透磁率μは表4に示されるとおりである。なお、熱処理条件は、熱処理温度350℃、保持時間60分間とした。

【0150】ギャップ層10には、SiO<sub>2</sub>を用い、膜厚は0.25μmとした。コイル層11には、Cuを用い、図示のようにスパイラル状に形成した。絶縁層83、85には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた。また、保護層12

には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用い、膜厚は40μmとした。

【0151】このように、薄膜磁気ヘッドサンプルNo. 20~No. 38を製造した。これらの各サンプルと、保磁力が1500 Oeのハードディスクとを用いて、実施例1と同様の測定を行った。結果は表4に示されるとおりである。

【0152】

【表4】

表 4

サンプル No.	下部および上部磁極層			オーバーライト 特性 (dB)	再生出力電圧値 $V_{o-p}(\mu V/\mu m/\text{ターフ})$
	飽和磁束密度 Bs(G)	保磁力 Hc(Oe)	初透磁率 $\mu_1$ (5MHz)		
20 (本発明)	15000	0.3	4000	-36	1.31
21 (比較)	15000	0.5	3000	-36	1.20
22 (比較)	14000	0.7	2000	-33	1.10
23 (本発明)	14000	0.3	3500	-35	1.30
24 (比較)	14000	0.5	2500	-35	1.20
25 (本発明)	14500	0.4	3300	-35	1.30
26 (比較)	14500	0.6	2300	-35	1.19
27 (本発明)	15000	0.5	3100	-36	1.28
28 (比較)	15000	0.7	2200	-36	1.18
29 (本発明)	15000	0.3	3500	-36	1.29
30 (比較)	15000	0.5	2500	-36	1.19
31 (本発明)	17000	0.3	4300	-37	1.33
32 (比較)	17000	0.4	3500	-37	1.22
33 (本発明)	16800	0.3	4300	-36	1.31
34 (比較)	16800	0.4	3500	-36	1.21
35 (本発明)	16500	0.3	4100	-35	1.30
36 (比較)	16500	0.5	3000	-35	1.20
37 (本発明)	15800	0.2	4000	-35	1.31
38 (比較)	15800	0.4	3000	-35	1.22

【0153】また、サンプルNo. 20、21および23～38の下部および上部磁極層91、95の軟磁性薄膜は、X線回折チャートをみたとき、Fe(110)ピークに対するFe(200)ピークの相対強度比が1～10程度であり、電子線回折パターンからも(100)配向が認められた。これに対し、サンプルNo. 22の軟磁性薄膜のFe(110)ピークに対するFe(200)ピークの相対強度比は0であった。

【0154】また、本発明のサンプルは、それぞれ、単層膜を用いた比較用サンプルに比べて、 $\mu$  および $V_{o-p}$ の周波数特性が良好であった。また、サンプルNo. 20～38は、耐食性が良好であった。

【0155】なお、このほか、前記組成式においてMが異なる各サンプル、軟磁性薄膜の積層数や膜厚が異なる各サンプル、非磁性薄膜が異なる各サンプルを製造したところ同等の結果が得られた。

【0156】以上の結果から本発明の効果が明らかである。

【0157】

【発明の効果】本発明の軟磁性多層膜は、飽和磁束密度Bsが高い。加えて、耐熱性が高く、特に(100)配向性が強いいため、保磁力Hcが低く、透磁率 $\mu$ が高い、優れた軟磁気特性を有する。また、単層の場合に比べて、透磁率 $\mu$ が高く、しかも周波数特性が良い。このため、本発明の磁気ヘッドは、オーバーライト特性や記録・再生感度等が高く、周波数特性が良く、優れた電磁変換特性を有する。

【0158】そして、本発明の軟磁性多層薄膜は耐食性

や耐摩耗性に優れるため、信頼性の高い磁気ヘッドが実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の軟磁性多層膜の1例を示す断面図である。

【図2】本発明のMIG型磁気ヘッドの1例を示す部分断面図である。

30 【図3】本発明のMIG型磁気ヘッドの1例を示す部分断面図である。

【図4】本発明のEDG型のMIG型磁気ヘッドの1例を示す部分断面図である。

【図5】本発明の薄膜磁気ヘッドの1例を示す部分断面図である。

【図6】本発明の軟磁性多層膜の軟磁性薄膜のX線回折チャートを示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 第1コア
- 40 2 第2コア
- 3 溶着ガラス
- 4 軟磁性多層膜
- 41 軟磁性薄膜
- 43 非磁性薄膜
- 45 基体
- 5、51、53 ギャップ
- 6 低飽和磁束密度合金薄膜
- 7 スライド
- 81、83、85 絶縁層
- 50 91 下部磁極層

(14)

特開平4-240704

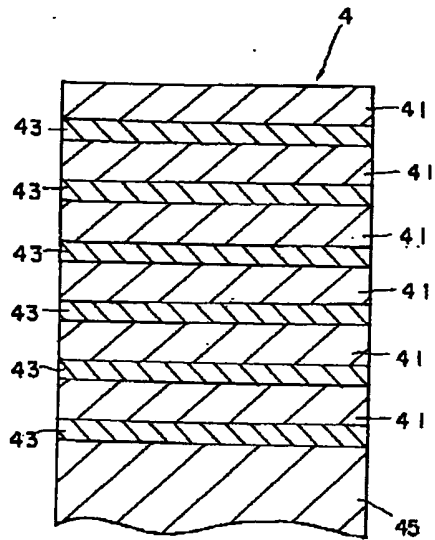
25

26

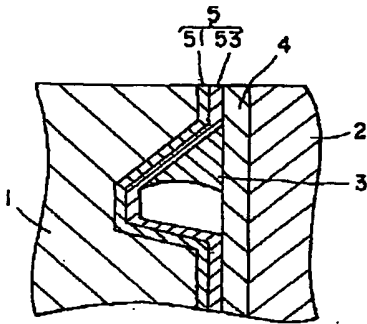
95 上部磁極層  
10 ギャップ層

11 コイル層  
12 保護層

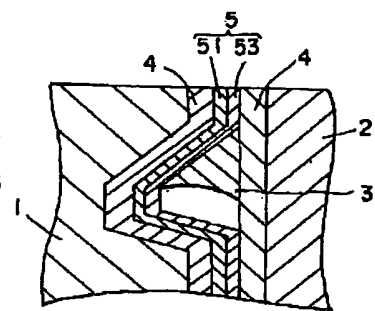
【図1】



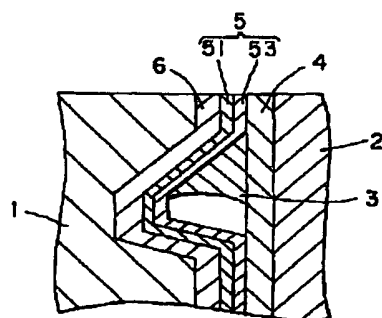
【図2】



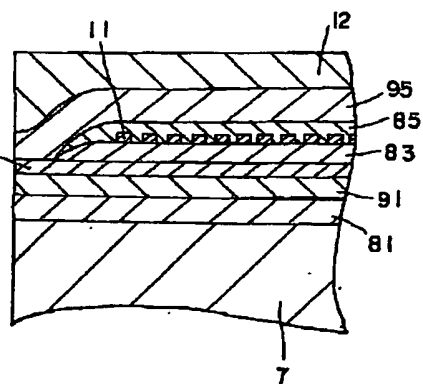
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

